



$Y_k$  – значение  $k$ -го выхода НС.

Размерность входного вектора  $N$  определяется стандартом *SCP-ECG* для обмена цифровыми ЭКС [4] и равна  $N = 500$ .

Размерность выходного вектора  $K$  соответствует числу анализируемых классов заболеваний, т.е. каждому заболеванию ССС соответствует один выход НС. Ответы НС *LVQ* кодируются значением «1» для выхода, соответствующего классу заболеваний, к которому НС отнесла входной сигнал, и «0» для выходов, соответствующих остальным классам заболеваний.

Особенностью НСА ЭКС является то, что строится и обучается НС для *каждого* отведения.

Каждый из приведенных выше методов имеет свои плюсы и минусы. Преимуществом нейросетевых методов анализа ЭКС является более эффективная адаптация к нестационарным особенностям ЭКС по сравнению с другими методами, обусловленная алгоритмом обучения. При этом амплитудно – временной метод зарекомендовал себя в работе на портативных устройствах, а частотно-временной метод анализа ЭКС позволяет расширить область представления диагностической информации и оценить свойства частотных составляющих ЭКС. Поэтому необходимо выбирать тот метод, который наиболее подходит в конкретной ситуации, быстр и удобен в работе. Это позволит врачам эффективнее оценить состояние сердечно - сосудистой системы пациента и спасти огромное количество жизней.

### Литература

1. Бодин О.Н., Бурукина И.П. Особенности анализа электрокардиографической информации с использованием вейвлет-преобразования // Медицинская техника, №2, 2006, 26-29с.
2. Бодин О.Н., Логинов Д.С. Адаптация структуры нейронной сети *LVQ* для анализа электрокардиосигнала // Нейрокомпьютеры: разработка, применение, 2008, №5-6, 88-92 с.
3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – Москва - Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая диалектика, 2004, 464с.
4. Moody G.B. The MIT-BIH Arrhythmia Database. // Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology, August, 1992.

М.М. Синцева

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ

(Пензенский государственный университет)

Информационные технологии активно внедряются в сферу здравоохранения и медицины в виде интеллектуальных диагностических систем [1] и учебных комплексов [2]. Также медицина является одной из сфер, где в насто-



ящее время происходит внедрение мультиагентных технологий для решения задач диагностики заболеваний, а также планирования и управления лечебным процессом. [3] Однако актуальной остается и проблема эффективной организации системы здравоохранения, которая проявлением которой являются, например, очереди на прием к врачам. Самыми высоконагруженными специалистами в медицинских учреждениях практически всегда являются врачи-терапевты, из-за этого большинство пациентов, которым необходимо попасть на прием к терапевту, сталкиваются с вынужденным длительным ожиданием своей очереди. [4]

Решение данной проблемы может быть достигнуто путем имитационного моделирования обслуживания пациентов в медицинском учреждении, анализа полученных данных и принятия необходимых мер по оптимизации обслуживания пациентов. Данная работа посвящена имитационному моделированию процесса обслуживания потока пациентов терапевтами.

В качестве медицинского учреждения была выбрана больница, в которой принимают пять врачей-терапевтов. С помощью платформы для имитационного моделирования AnyLogic [5] была создана диаграмма процесса обслуживания пациентов (Рисунок 1).

Для создания диаграммы процесса были использованы следующие объекты библиотеки моделирования процессов: объект Source для генерирования потока пациентов, объект SelectOutput5 для моделирования выбора пациентом наименее загруженного специалиста, пять объектов Queue для моделирования очереди пациентов, ожидающих приема у терапевтов, четыре объекта Delay для имитации приема пациента у терапевта и объект Sink в качестве конечной точки диаграммы процесса. Для отображения длин очередей к специалистам используется объект «График» палитры «Статистика».

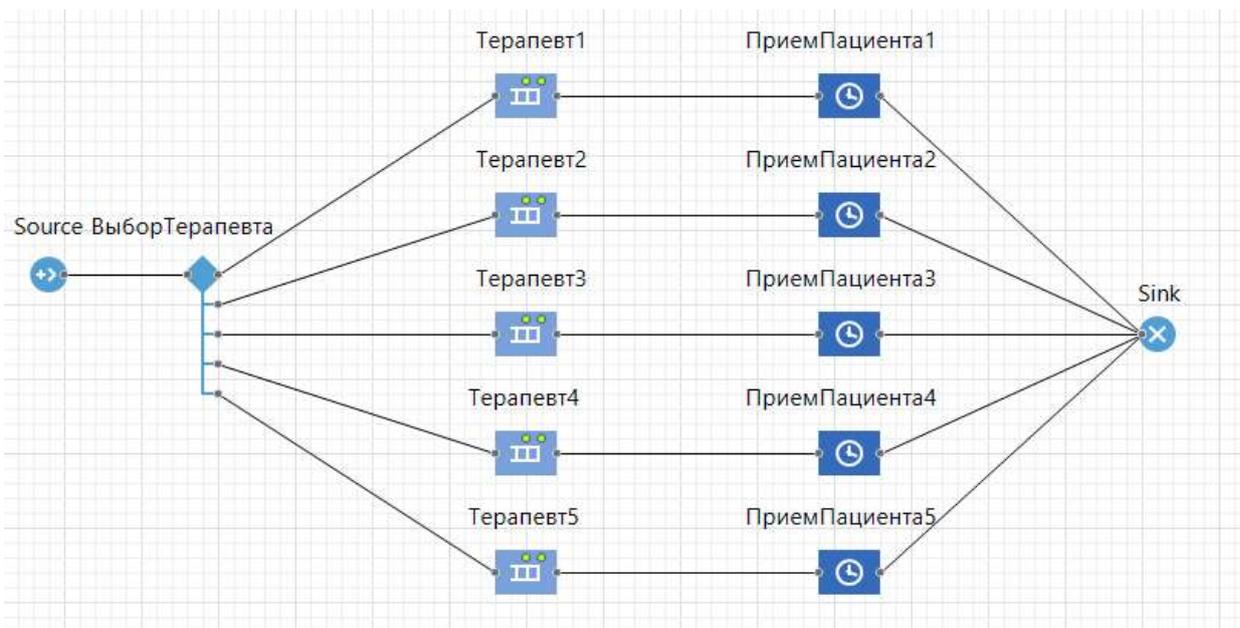


Рисунок 1 - Диаграмма имитационной модели



На данном этапе моделирования нагрузка на специалистов распределяется равномерно, вновь прибывшие пациенты выбирают наименьшую очередь. Время обслуживания пациентов распределено по треугольному закону со средним значением, равным 5, минимальным - равным 3 и максимальным - 10 минутам, и является одинаковым для всех специалистов.

Статистика изменения очередей при стабильной работе всех специалистов приведена на рисунке 2.

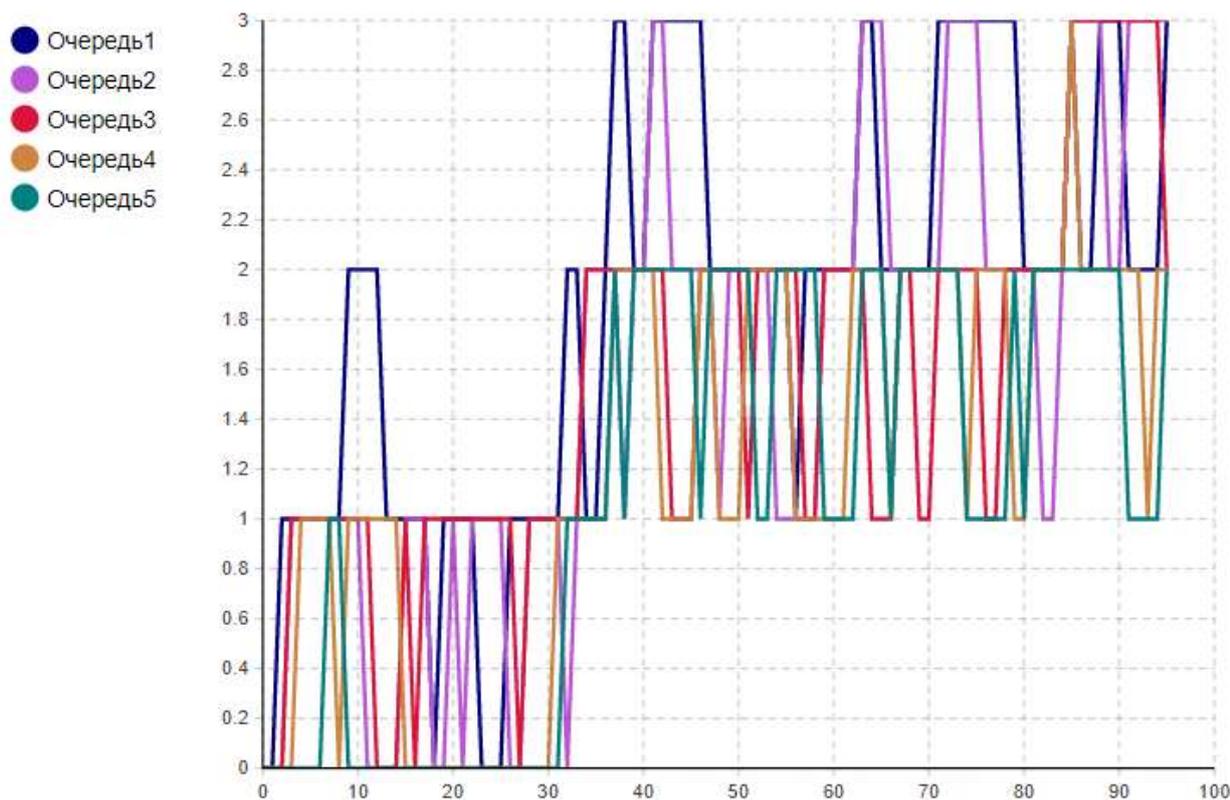


Рисунок 2 – Статистика изменения длин очередей к специалистам

В результате анализа рисунка 2 можно сделать вывод о том, что по истечении некоторого времени длина очереди колеблется в пределах 2-3 пациентов, что является удовлетворительным показателем для обеспечения качественного обслуживания.

Для оценки эффективности работы медицинского учреждения была смоделирована ситуация, способная негативно сказаться на качестве предоставления медицинской помощи, а именно – было сокращено число врачей-терапевтов, ведущих прием. Это может быть связано с тем, что кто-то из специалистов, к примеру, находится в отпуске или на больничном. Для моделирования данной ситуации был отключен блок Queue4, моделирующий очередь к Терапевту4, а поток пациентов разделился между оставшимися терапевтами в равной степени. Статистика изменения очередей при уменьшении числа специалистов, ведущих приём, приведена на рисунке 3.

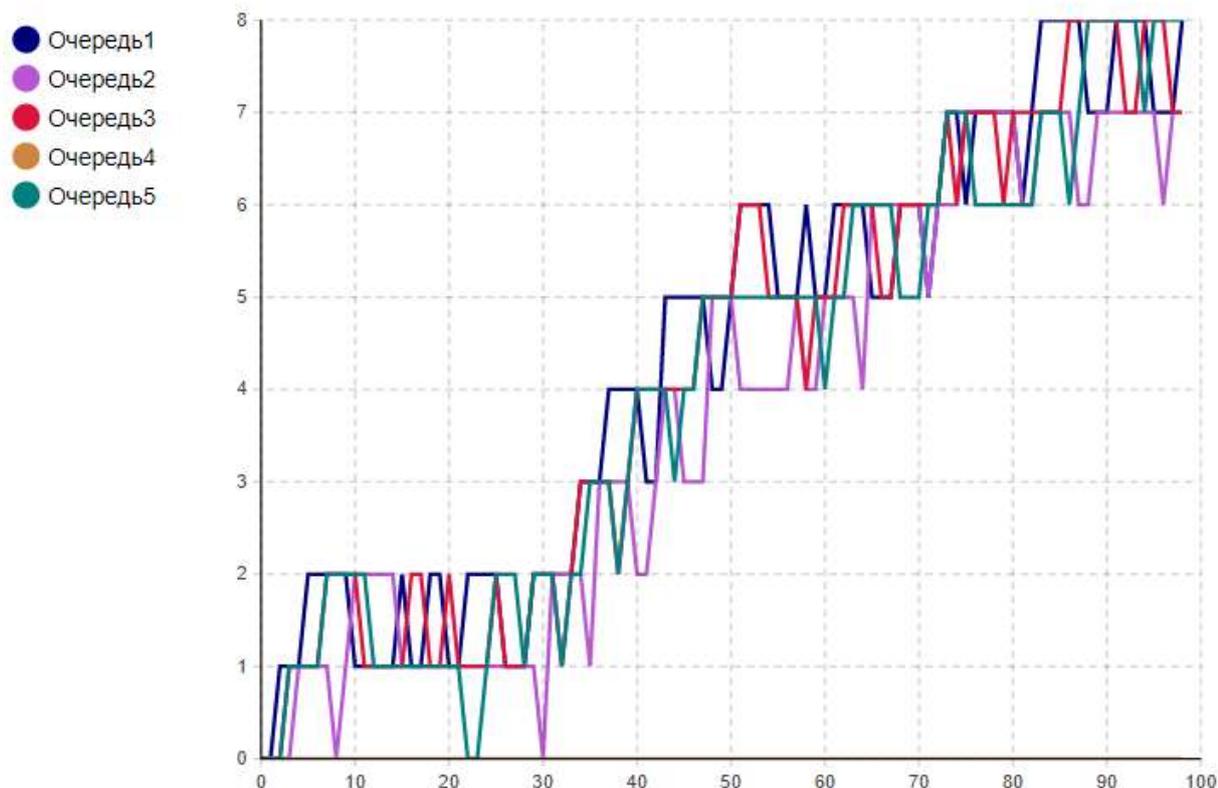


Рисунок 3 - Статистика изменения длин очередей к специалистам при уменьшении врачей-терапевтов, ведущих прием пациентов

Из рисунка 3 можно сделать вывод о том, что уменьшение числа терапевтов, ведущих прием пациентов, значительно сказывается на длине очередей к оставшимся специалистам, что может негативно повлиять на качество и своевременность предоставления медицинской помощи. Это говорит о том, что необходимо принятие дополнительных мер для уменьшения времени ожидания и более быстрого продвижения очереди.

По результатам исследования можно сделать вывод о том, что имитационное моделирование процесса обслуживания пациентов в медицинском учреждении с использованием системы AnyLogic позволяет при наличии необходимых исходных данных исследовать различные режимы работы лечебного учреждения. Анализ полученных моделей позволит выявить как уже имеющиеся, так и потенциальные проблемы, что даст возможность принимать обоснованные управленческие решения и повышать эффективность медицинского обслуживания.

### Литература

1. Бодин О.Н., Кузьмин А.В., Логинов Д.С. Интеллектуальный анализ электрокардиосигналов для диагностики инфаркта миокарда // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. - 2010. - № 1 (13). - С. 46-53.



2. Иващенко А.В., Кузьмин А.В., Колсанов А.В., Чаплыгин С.С., Горбаченко Н.А., Милюткин М.Г. Программное обеспечение тренажера лапароскопической хирургии // Программные продукты и системы. - 2013. - № 2. - С. 35.

3. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации. // Известия РАН «Теория и системы управления». – 2012. – № 2. – С. 92–120.

4. Зарецкая Л.П., Зарецкая Ю.А. Проблемы современной бесплатной медицины // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2016. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sovremennoy-besplatnoy-meditsiny> (дата обращения: 10.04.2021).

5. AnyLogic. [Электронный ресурс] // <https://www.anylogic.ru/> - Режим доступа. – URL. <https://www.anylogic.ru/features/> (11.04.2021).

Я.В. Соловьева<sup>1</sup>, Н.А. Дроздов<sup>2</sup>

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРДЕЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

(Самарский университет<sup>1</sup>, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики<sup>2</sup>)

Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний продолжает быть актуальной по сей день, поскольку занимает одну из лидирующих позиций среди причин смертности и утраты трудоспособности. На данный момент в медицине для врача существует довольно много признаков, по которым можно своевременно и правильно установить тот или иной диагноз, который приведёт к качественному лечению и наискорейшему выздоровлению пациента. Однако отсутствие систем, помогающих врачам определить заболевания на основе совокупных медицинских данных о пациенте, приводит к актуальности решения задачи классификации диагнозов. Использование такого классификатора позволило бы упростить постановку правильного диагноза и уменьшить трудозатраты врача. Современные ИТ технологии и повсеместная цифровизация отраслей, включая медицинскую, позволяют применить методы и алгоритмы классификации для повышения качества диагностики и точности постановки окончательного диагноза.

На данный момент существует множество способов классификации. Одним из наиболее перспективных является машинное обучение. В машинном обучении система на основе небольшой выборки размеченных данных сама создаёт правила для классификации, и впоследствии на их основе присваивает пациентам диагнозы. Для решения описанной выше задачи была выбрана нейронная сеть, которая классифицирует вектор результатов медицинских ана-